

FACULTAD DE CIENCIAS
Grado de Óptica y Optometría
Asignatura: FÍSICA

UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Curso: 2010-11

Práctica nº 3. MEDIDAS DE VISCOSIDAD: VISCOSÍMETRO. LEY DE STOKES.

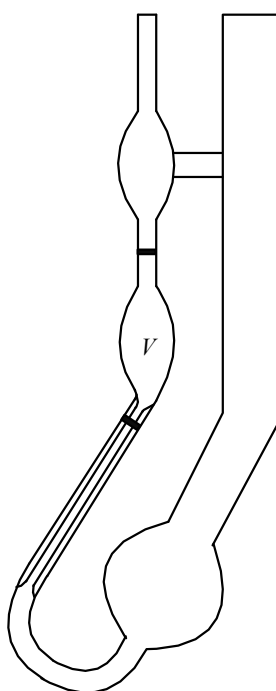
Parte I: VISCOSÍMETRO DE CANNON-FENSKE

Material

Viscosímetro de Cannon-Fenske; trípode y pinza: propipeta de 10 mL; cronómetro; frasco lavador pequeño con el líquido problema (alcohol etílico) y frasco lavador grande con agua destilada.

Descripción del viscosímetro

El viscosímetro de Cannon-Fenske (figura 1) consta de una ampolla de vidrio cuyo volumen V está limitado por dos señales marcadas en el vidrio. Este depósito está conectado por su parte inferior a un tubo, en parte capilar, que termina en otra ampolla situada en un nivel inferior que la primera, tomando el conjunto forma de U. (los viscosímetros utilizados tienen, además, otra ampolla de vidrio encima de la de volumen V para evitar que se salga el líquido durante la operación de carga).



Objetivos

- Medir la viscosidad de un líquido problema con el viscosímetro.
- Señalar la ventaja de la determinación de magnitudes relativas.

Conocimientos previos

Las moléculas de un líquido que fluye lentamente por un tubo se mueven a diferentes velocidades. Si se supone el líquido descompuesto en finas capas cilíndricas coaxiales, la capa exterior, debido a las fuerzas de adhesión al tubo, se encuentra prácticamente en reposo. Las otras capas, como consecuencia de la viscosidad o rozamiento interno de las moléculas del líquido, se mueven con distintas velocidades tanto mayores cuanto más próximas estén al eje del tubo.

Con el modelo anterior se obtiene que el volumen V de líquido que fluye en un tiempo t por un tubo de longitud ℓ y radio R sometido a una diferencia de presión Δp es (ley de Poiseuille):

$$\frac{V}{t} = \frac{\pi R^4}{8\eta\ell} \Delta p \quad (1)$$

donde η es la viscosidad del líquido.

FIGURA 1. Viscosímetro

En esta práctica se mide el tiempo que tarda en circular un cierto volumen de líquido por un capilar. La diferencia de presión, que en este caso, es debida únicamente a la diferencia de altura se escribe:

$$\Delta p = \rho g \Delta h \quad (2)$$

Se sustituye (2) en (1), se engloban las constantes ($8, \pi, g$) y las magnitudes características del viscosímetro (ℓ, R^4, h) en una constante K , y se despeja η :

$$\eta = K \rho t \quad (3)$$

El experimento se repite con un líquido de referencia de viscosidad conocida como el agua:

$$\eta_{\text{agua}} = K \rho_{\text{agua}} t_{\text{agua}} \quad (4)$$

Finalmente, dividiendo ambas ecuaciones se calcula la viscosidad relativa del líquido problema

$$\frac{\eta}{\eta_{\text{agua}}} = \frac{\rho t}{\rho_{\text{agua}} t_{\text{agua}}} \quad (5)$$

Procedimiento

- 1- Comprueba los mandos del cronómetro. En general, tiene un pulsador de puesta en marcha y paro en la parte superior derecha, y otro para ponerlo a cero en la parte superior izquierda. También suele tener un pulsador adicional que permite sucesivamente pasar a otros modos de funcionamiento del contador.
- 2- Vierte agua destilada, del frasco lavador grande, en la rama ancha del viscosímetro hasta enrasar con la marca de la ampolla inferior.
- 3- Coloca la propipeta en la rama estrecha y succiona el agua lentamente (para evitar la formación de burbujas) hasta que sobrepase ligeramente la señal más alta de la ampolla de volumen V .
- 4- Quita la propipeta y deja fluir el agua por su propio peso, midiendo con el cronómetro el tiempo que tarda el líquido en pasar entre las dos señales que limitan el volumen V .
- 5- Repite la operación dos veces más volviendo a aspirar el agua. La dispersión de las medidas te da idea del orden de error cometido.
- 6- Separa el conjunto pinza-viscosímetro del soporte (NO el viscosímetro de la pinza) e inclínalo para verter el líquido a través de la rama ancha en la botella de líquidos usados (utiliza el embudo). Vuelve a sujetar firmemente el conjunto en el soporte. EXTREMA LAS PRECAUCIONES PARA NO DAR NINGÚN GOLPE AL VISCOSÍMETRO.
- 7- Antes de realizar las medidas con el líquido problema (alcohol etílico) hay que homogeneizar el viscosímetro (eliminar los restos de agua). Para ello vierte un poco de alcohol en la rama ancha del viscosímetro, succiona el líquido con la propipeta, déjalo fluir y viértelo en la botella de líquidos usados (utiliza el embudo).
- 8- Vuelve a echar alcohol en el viscosímetro. La cantidad de líquido debe ser la misma que en el caso del agua (enrasa con la marca de la ampolla inferior). Mide ahora el tiempo que tarda en fluir el volumen V de alcohol una sola vez y considera que el error del tiempo es del orden del obtenido para el caso del agua. Al terminar, desecha el alcohol vertiéndolo en la botella de los líquidos usados (utiliza el embudo).
- 9- Calcula la viscosidad absoluta del líquido problema aplicando la ecuación 5:

$$\eta = \frac{\rho t}{\rho_{\text{agua}} t_{\text{agua}}} \eta_{\text{agua}}$$

El valor de la densidad del líquido problema (alcohol etílico) y la viscosidad del agua a la temperatura ambiente (si es necesario haz una interpolación), se obtienen del cuadro situado en la pared del laboratorio.

- 10- Para saber el número de cifras significativas del resultado, estima su error relativo y su error absoluto (desprecia el error de ρ_{agua}).
- 11- Por último, comprueba que tu resultado es correcto comparándolo con el valor esperado.

Parte II: LEY DE STOKES

Material

Probeta (100 mL) con el líquido problema (glicerina), trípode, pinza y nuez, bolitas de acero de diámetro 1,49 mm, cronómetro y regla.

Objetivos

- Medir la viscosidad de un líquido problema aplicando la ley de Stokes.

Conocimientos previos

Cuando un cuerpo se mueve lentamente en un líquido, experimenta una fuerza de resistencia que es proporcional a su velocidad v y a la viscosidad η del líquido. Si el cuerpo es una esfera de radio R se cumple (ley de Stokes)

$$F_R = 6\pi R\eta v \quad (6)$$

En esta práctica, se determina la viscosidad del líquido problema a partir de la velocidad de caída de una bolita en dicho líquido. En este caso, además de la fuerza de resistencia hay que considerar el peso de la bolita (mg) y el empuje que experimenta por encontrarse en el líquido ($\rho_{\text{líquido}} g V_{\text{bolita}}$). Inicialmente, la fuerza resultante acelera la bolita, pero al aumentar la velocidad aumenta también la fuerza de resistencia con lo que muy pronto la fuerza resultante llega a ser nula y la velocidad de la bolita alcanza un valor límite constante $v_{\text{límite}}$

$$m_{\text{bolita}} g - \rho_{\text{líquido}} V_{\text{bolita}} g - 6\pi R\eta v_{\text{límite}} = 0 \quad (7)$$

Despejando

$$\eta = \frac{(m_{\text{bolita}} - \rho_{\text{líquido}} V_{\text{bolita}})g}{6\pi R v_{\text{límite}}} = \frac{2(\rho_{\text{bolita}} - \rho_{\text{líquido}})g R^2}{9 v_{\text{límite}}} \quad (8)$$

Procedimiento

1. Deja caer una de las bolitas por la parte central (lejos de las paredes) de la probeta con el líquido problema (glicerina) y mide el tiempo que tarda en recorrer la distancia entre las marcas 60 y 10. De esta manera se garantiza que la bolita ha alcanzado la velocidad límite al poner el cronómetro en marcha. LAS BOLITAS DEBEN ESTAR BIEN LIMPIAS (SIN GRASA). NO LAS TOQUES CON LOS DEDOS, UTILIZA PINZAS.
2. Repite la medida del tiempo otras dos veces y halla el valor medio. Estima el error absoluto del tiempo comparando el error de dispersión con el error propio del cronómetro.
3. Mide la distancia entre las dos marcas con la regla y divídela por el valor medio del tiempo para obtener la velocidad límite. Calcula su error relativo sumando los errores relativos de la distancia y del tiempo.
4. Calcula la viscosidad del líquido problema aplicando la ecuación 8. Los valores de las densidades del acero y de la glicerina los lees en la tabla del cuadro situado en la pared.
5. Para saber el número de cifras significativas del resultado, estima a partir de (8) su error relativo sumando los errores relativos de los diferentes factores (se desprecia el error de g). Determina el error absoluto de la viscosidad y escribe correctamente el resultado obtenido.

$$\frac{\Delta\eta}{\eta} = \frac{\Delta\rho_{\text{bolita}} + \Delta\rho_{\text{líquido}}}{\rho_{\text{bolita}} - \rho_{\text{líquido}}} + 2\frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta v_{\text{límite}}}{v_{\text{límite}}} \quad (9)$$

6. Por último, al comparar tu resultado con el valor esperado recuerda que la viscosidad depende considerablemente de la temperatura.